



Conférence du 9 février 2019

Mission spatiale Mars InSight

Conférencier : Gilles Dawidowicz

**Résumé:** Gilles Dawidowicz a décrit en détails les différents aspects de la mission spatiale Mars InSight, destinée à déterminer la constitution interne de la planète Mars : enjeux de la mission, historique de la sismologie spatiale, description des nouveaux instruments (sismomètre SEIS et capteur thermique HP3), chronologie du vol et de l'atterrissage, premiers pas de la mise en place ont été suivis par un auditoire attentif qui a prolongé la séance en posant plusieurs questions.

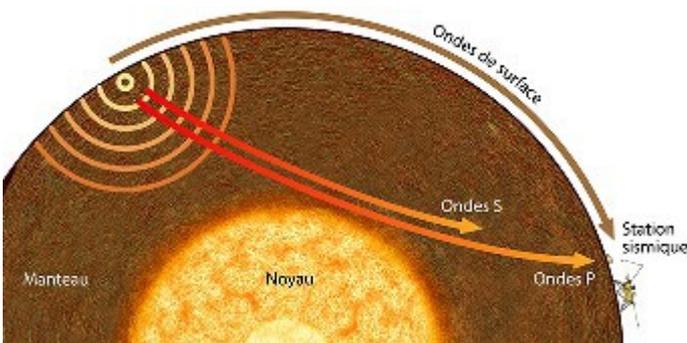
**Participants:** 26 personnes.

### Les grandes lignes de présentation

InSight est une mission spatiale conjointe NASA (USA) – CNES (France) – DLR (Allemagne) qui a pour but principal d'améliorer la connaissance de la structure interne de la planète Mars. Elle consiste à déposer sur la planète un sismomètre de technologie avancée (SEIS) afin « d'écouter la planète », et d'en déduire sa constitution, en particulier l'existence et les dimensions d'un noyau liquide, solide ou pâteux. Un autre instrument (HP3) doit mesurer le flux thermique provenant du sous-sol, en descendant un capteur thermique dans un forage cylindrique.

### **Pourquoi cette entreprise ?**

Si l'on s'intéresse à la formation des planètes du système solaire, commencée il y a 4,56 milliards d'années, on constate qu'à partir d'une même matière de départ, la nébuleuse primitive, des corps très divers se sont formés : outre le soleil, des planètes, leurs satellites, des comètes, des astéroïdes. En particulier, les planètes telluriques (essentiellement rocheuses) ainsi que leurs satellites sont toutes différentes que ce soit leur taille, leur atmosphère, leur magnétisme. On imagine qu'elles ont divergé après une phase d'accrétion autour d'un noyau constitué de fer et de nickel, suivie d'un réchauffement. Pour la Terre, le réchauffement n'est pas terminé, il subsiste un noyau liquide qui entretient le champ magnétique. Mars n'a pas de champ magnétique et on ignore la nature du noyau (liquide, solide, pâteux ?). La connaissance de l'intérieur de Mars permettrait d'améliorer les scénarios d'évolution interne des planètes, d'où l'intérêt d'installer des sismomètres à sa surface.



En effet, un sismomètre détecte les perturbations d'origine interne (mouvements de la matière en profondeur) ou externe (chutes de météorites) par l'intermédiaire des différentes ondes générées par le phénomène (ondes de surface, ondes de type P, ondes de type S) ; si l'on dispose de plusieurs sismomètres répartis à la surface, l'étude des ondes reçues permet de localiser l'origine du phénomène et la nature des couches traversées.

C'est ainsi que l'on est parvenu à une bonne connaissance de l'intérieur de la Terre (à partir de 1899, étude des ondes sismiques produites par les tremblements

de terre), de celui de la Lune (1966 – 1977, sismomètres déposés par les missions Apollo enregistrant les chutes de météorites).

Pour Mars, plusieurs tentatives ont eu lieu, mais aucune n'a réussi (échec au lancement ou à l'atterrissage, sismomètre perturbé par le vent). Mars reste un mystère. Mais grâce à la ténacité d'un Français, Philippe Lognonné, initiateur de l'envoi de sismomètres dans les missions spatiales (16 tentatives en 30 ans), une nouvelle proposition a été acceptée par la NASA en 2011.

### **Un appareil exceptionnel**

La mission proposée se base sur un instrument entièrement nouveau (nommé, à l'époque, VBB : Very Broad Band, Très large bande) : il s'agit d'un appareil regroupant trois sismomètres extrêmement sensibles dans une large gamme de fréquences, capable d'identifier et de séparer les différents types d'ondes qu'il reçoit, et par une analyse mathématique poussée, de fournir les mêmes résultats que plusieurs sismomètres disséminés.

L'appareil, développé par la société française Soderm sous l'égide de l'Institut de Physique du Globe, fonctionnait en cave à Paris et donnait d'excellents résultats. Restait à en faire un instrument spatial, supportant les contraintes du lancement, du vol interplanétaire, de l'atterrissage. Cette mise au point fut longue et difficile. Le lancement, prévu en 2016, dut être reporté en raison d'une fuite infime de l'enceinte sous vide qui aurait compromis la qualité des données du sismomètre. Report onéreux : la fenêtre de lancement suivante n'était qu'en 2018, attente au cours de laquelle il a fallu stocker puis déstocker tout le matériel de la mission, maintenir les équipes en place.

Ce report fut mis à profit pour améliorer d'autres équipements (foreuse, parachute).

# Cercle des Naturalistes de Corbeil-Essonnes et Environs

## Description de la sonde

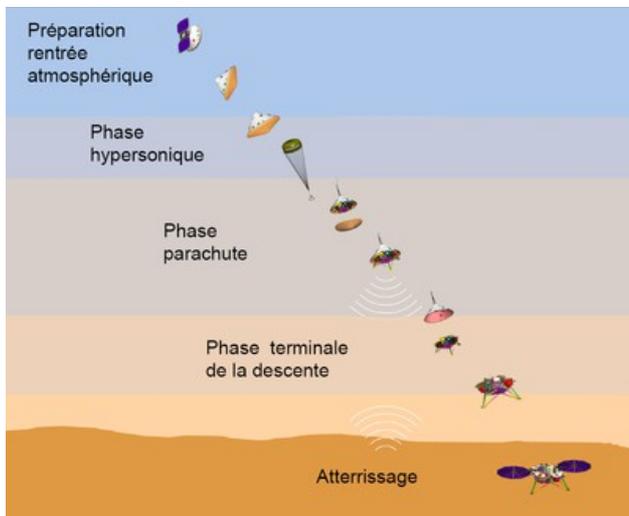
Au lancement, la sonde comprend :

- L'étage de croisière qui assure le vol jusqu'à Mars,
- Deux boucliers thermiques (un avant et un arrière) contenant également un parachute
- Entre les boucliers, l'atterrisseur qui se posera sur Mars et qui contient l'équipement scientifique (sismomètre, capteur thermique, camera, station météo, système de déploiement des équipements).

Coupe du sismomètre SEIS tel qu'installé sur Mars  
L'appareil est recouvert d'une cloche reliée au sol par un soufflet. Ce dispositif isole la station des perturbations sonores du vent et limite les variations thermiques. SEIS repose sur trois vérins réglables pour assurer l'horizontalité parfaite du bloc de mesure, abrité dans une enceinte sous vide poussé. Les données sont transmises à la plate-forme par le câble plat visible à droite.



## Lancement et atterrissage



Finalement le lancement eut lieu le 5 mai 2018 au moyen d'une fusée Atlas V ; le vol, d'une durée de presque 7 mois, se déroula comme prévu. L'arrivée a lieu le 26 novembre 2018, exactement sur le site prévu (Elysium Planitia).

La séquence d'atterrissage est assez complexe : peu avant l'entrée dans l'atmosphère, l'étage de croisière est largué, la sonde est orientée pour présenter correctement le bouclier thermique avant. La rentrée atmosphérique a lieu vers 128 km d'altitude. A 13 km, le parachute se déploie, puis le bouclier thermique avant est largué. Vers 1,3 km, c'est le parachute et le bouclier thermique arrière qui sont largués, les rétrofusées sont mises en marche jusqu'au contact avec le sol. Avant de commencer la mise en œuvre de la station (déploiement des panneaux solaires), une attente de 15 minutes est respectée pour permettre aux poussières soulevées par le jet des fusées de retomber.

Pendant la descente, les données émises par InSight ont été

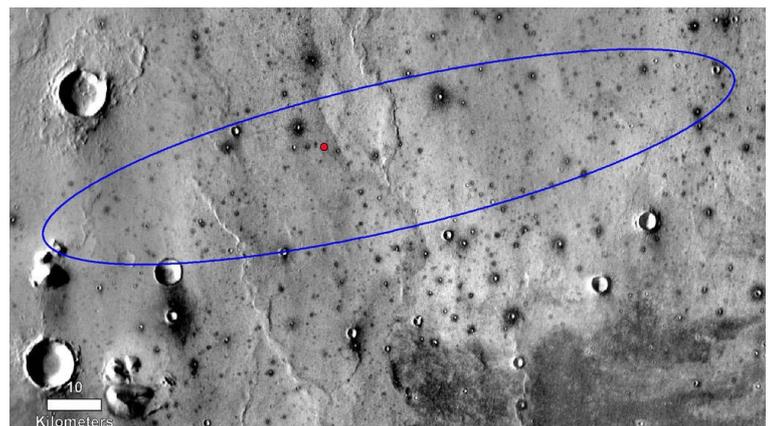
relayées en direct vers la Terre (après le temps de propagation de 8 minutes des ondes radio) par deux mini sondes (MarCO1 et MarCO2) lancées en même temps qu'InSight, afin de disposer d'informations techniques si un incident avait affecté la mission pendant la phase d'atterrissage (les données retransmises par l'orbiteur MRO le seraient avec un retard de plusieurs heures car il n'est pas en position favorable). Les deux sondes MarCO, sans dispositif d'atterrissage, ont continué leur voyage, non sans avoir transmis une photo de Mars.

En outre, un certain nombre de mesures scientifiques, par exemple la température de l'atmosphère, ont été enregistrées.

## Déploiement et mise en route

Le déploiement au sol des instruments n'est effectué que très progressivement (plusieurs semaines) au moyen d'un bras articulé.

SEIS en premier, déposé avec minutie puis recouvert de sa cloche de protection thermique et éolienne. SEIS porte un tracé de secteurs rayonnants, formant, avec le téton de manipulation jouant alors le rôle de gnomon, un cadran solaire ingénieux, qui permet de déterminer, dès l'atterrissage et avant mise en place de la cloche, l'orientation de la station, totalement inconnue lorsqu'elle se pose. La mise en service opérationnelle de SEIS ne se fera qu'après de nombreux réglages et vérification de la qualité des données.



Le site d'atterrissage Elysium Planitia : aussi peu accidenté que possible pour ne pas risquer une assiette trop inclinée. L'ellipse bleue indique la zone visée, elle mesure 130 x 27 km. InSight s'est posée au point marqué en rouge.

## Cercle des Naturalistes de Corbeil-Essonnes et Environs

Viendra ensuite la mise en place du perforateur HP3, de conception et réalisation allemandes (DLR), qui tentera d'enfoncer une sonde thermique à au moins 2,5 m de profondeur. SEIS tiendra compte des vibrations produites par cette expérience.

Le programme Mars Insight comprend un volet éducatif : pour intéresser les jeunes à la recherche spatiale, les données fournies par InSight seront mises à disposition de lycéens pour leur en proposer l'exploitation.

### L'avenir : autres programmes martiens

- Le programme ExoMars comprend deux missions martiennes :

Déjà lancé, ExoMars Trace Gas Orbiter (TGO), en orbite martienne depuis octobre 2016, pour la recherche de gaz rares dans l'atmosphère martienne, en particulier le méthane dont il serait intéressant d'établir le cycle et de savoir s'il s'en forme actuellement, son origine pouvant être biologique.

A venir, ExoMars 2020, dont le lancement est prévu en 2020, véhicule équipé d'une foreuse pour prélever des carottes du sol, et d'un laboratoire pour analyser les échantillons.

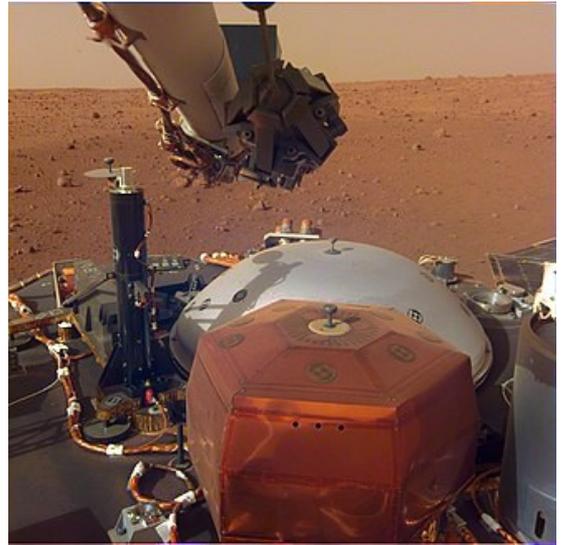
- Un objectif d'une future mission martienne sera de se poser dans un secteur soupçonné de receler des traces d'argile. Cette roche a pu se former dans des secteurs identifiés comme des paléodeltas, et serait donc favorables à l'émergence de la vie.

- Le retour d'échantillons du sol martien reste très difficile. A court terme, on n'a pas les moyens techniques d'envoyer une sonde faire un prélèvement et revenir sur Terre. Aussi envisage-t-on de procéder en deux temps : une première sonde américaine (Mars 2020 partira en juillet 2020 vers Mars) irait faire un prélèvement qui serait conditionné et laissé sur place ; une deuxième sonde américaine (pas encore décidée) irait prendre l'échantillon et le ramènerait sur Terre...

- Enfin, une mission japonaise (Martian Moons Exploration (MMX)), en coopération avec la France et l'Allemagne, à destination de l'un des satellites de Mars (Phobos) pourrait avoir lieu en septembre 2024. Un retour d'échantillons de Phobos (juillet 2029) aurait lieu et une étude détaillée des deux lunes de Mars (Phobos et Deimos) serait réalisée.

### Discussion

De nombreuses questions ont été posées pour préciser quelques points. La discussion qui en est résultée a permis d'évoquer un problème de société : il apparaît, aux États-unis, un courant de pensée qui prétend traiter le problème écologique mondial par une migration massive de la population de la Terre vers Mars. Outre l'impossibilité matérielle d'un tel exode, même à très long terme, cette position traduit l'inquiétante absence de volonté de rechercher des solutions effectives aux questions de réchauffement climatique et de pollution, et de se préparer à exporter nos problèmes sur une autre planète.



La plate-forme d'InSight après l'atterrissage. Au premier plan, SEIS sans la cloche de protection. Le cadran solaire d'orientation est l'hexagone centré sur le téton de préhension.



Exceptionnellement, La NASA a fait figurer les drapeaux des pays et les logos des agences spatiales concernées sur la plate-forme d'InSight. Les disques colorés, les carrés blancs et la bande de gris progressifs sont utilisés pour étalonner les caméras



Image de Mars transmise par MarCO après le survol ; l'obstacle à droite est l'un de ses panneaux solaires

\*\*\*\*\*

Rédaction : Alain de Guerra ; images provenant de différents sites Internet